

Abhandlungen  
der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
Mathematisch-physikalische Klasse  
XXVIII. Band, 10. Abhandlung

---

# Über alpine Minerallagerstätten

Erster Teil

Von

**J. Koenigsberger**

in Freiburg i. Br.

Mit einer Karte der Mineralfundorte von Vals-Platz

Vorgelegt am 7. Juli 1917

---

München 1917

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

## Einleitung.

Die alpinen Kluftminerale sind in den Sammlungen schon dadurch kenntlich, daß sie in schönen Kristallen sich scharf von der Unterlage, dem feinkörnigen gebleichten Muttergestein, abheben, zum Unterschied von den Pegmatitmineralen, die aus der grobkörnigen Unterlage herauszuwachsen scheinen und den Erzgangmineralen, welche meist die kristallographisch begrenzte Fortsetzung derber Massen bilden. Die Enträtselung ihrer Entstehung verlangt Vergleichung des Naturvorganges mit der Laboratoriumsynthese. Man kann schrittweise wechselseitig einerseits Hinweise für die Wahl der künstlichen Versuchsbedingungen und die Deutung ihrer Ergebnisse gewinnen, andererseits die in den Zentralalpen früher wirksamen physikalischen Bedingungen und Vorgänge ermitteln. Für beide Zwecke ist nützlich zu wissen, wo das genaue Versuchsprotokoll der Natur zu den einzelnen Stufen, die jetzt in den Museen liegen, aufzufinden ist, auch wenn wir dessen Schrift noch nicht vollständig lesen können.

Die bisherigen Forschungen haben schon manche Frage beantwortet. Die Paragenese der Minerale erwies sich deutlich vom Gestein abhängig. Die Granite, die Glimmerschiefer, die Diorite, die Amphibolite, die Kalkglimmerschiefer usw. beherbergen in den West- und Ostalpen jeweils einen bestimmten Komplex von Kluftmineralen. Man kann mit Sicherheit aus dem Anblick einer Mineralstufe ohne weiteres auf das Gestein schließen, in dem die Kluft aufsetzt. Doch ist noch nicht alles geklärt. Ohne daß die Gesteinsbeschaffenheit merklich verschieden wäre, finden wir z. B. im Aaregranit in einer Kluft weniger, in einer anderen mehr Calcit. In einer Kluft sind Zeolite reichlich vorhanden, in der andern fehlen sie. Oder man beobachtet in einem Gestein, das mineralogisch-chemisch gleichmäßig zu sein scheint (wie z. B. die normale Ausbildung des Aaregranits), zwei deutlich verschiedene paragenetische Typen: 1. Quarz-Flußspath-Chlorit, 2. Quarz-Eisenglanz.

Diese Verschiedenheiten werden vielleicht später über den Wechsel der Konzentration pneumatolytischer Bestandteile, über das Undichtwerden der

Gesteinskluft mit sinkender Temperatur, über die verschiedene Zusammensetzung des Biotit, über die maximale Höhe der Temperatur, über das Hinzutreten noch unbekannter pneumatolytischer Komponenten Auskunft geben.

Die wichtigsten flüchtigen Bestandteile, die aus der Tiefe herauf gedrungen sind, ergaben sich aus der Analyse der Flüssigkeitseinschlüsse<sup>1)</sup> in den Kristallen ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $Cl$ ,  $SO_4$ ) und aus dem chemischen Bestand der Kluftminerale (z. B.  $CaCO_3$ ). Während andererseits Fluor, Phosphorsäure, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, dem Gestein entnommen sein müssen, steht dies für Borsäure und Schwefelsäure nicht fest. Eine einwandfreie Erklärung der weit ausgedehnten Randzone des Syenit im Aaremassiv, die in Band und Kluft Anhydritkristalle in Quarz und Adular eingeschlossen zeigt, ist noch nicht gelungen. — Angenäherte Grenzen für die Entstehungstemperatur können für einige Mineralien aus Laboratoriumsversuchen festgestellt werden, z. B. für  $\alpha$ -Quarz als obere Grenze  $570^\circ$ , für Adular als untere Grenze  $340^\circ$ , für Albit  $410^\circ$ . Andere Substanzen, wie Chlorit, Muscovit, sind nur zufällig gelegentlich erhalten worden; ihr Existenzbereich ist noch unbekannt. — Aus den Beobachtungen lassen sich ferner Schlüsse über geologische Vorgänge ziehen: Die großen unverletzten Kristalle zeigen, daß sie nach Abschluß der tertiären Alpenfaltung entstanden sind und daß seitdem heftigere Bewegungen der alpinen Massen nicht stattfanden. Die Vorkommen von Vals-Platz zeigen ferner, wie im folgenden nachgewiesen wird, daß die letzte und wohl schwächste, aber chemisch noch wirksame Dynamometamorphose, durch die sich die Kluftminerale bildeten, auf die Zeit der Überschiebungen folgte. In den Schweizerischen Zentralalpen sind mindestens zwei, bei vielen Gesteinen aber drei oder vier zeitlich ganz verschiedene Metamorphosen der Gesteine zu unterscheiden. — Die Literatur wird einzeln im folgenden angeführt. Einen vorzüglichen Überblick über unsere Kenntnisse der alpinen Minerallagerstätten und über die ganze Literatur hat P. v. Groth im Anschluß an den Bestand der Münchner Sammlung im Augustheft der Zt. f. prakt. Geol. p. 165 1917 gegeben. — Die alpinen Minerallagerstätten habe ich eingehender seit 1897 studiert. Ein Teil des Materials ist schon bearbeitet und veröffentlicht. Die freundliche Aufforderung von Herrn Professor P. v. Groth, eine Karte der zentralschweizerischen Mineralfundorte für die Sammlung der Münchner Akademie zu entwerfen und die Bewilligung einer Unterstützung aus dem Bürgerfond der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften, gaben die Veranlassung zur Herausgabe der folgenden Arbeiten.

<sup>1)</sup> Ztrbl. f. Min. 1906, p. 72.

## Habitus der Kristalle in den alpinen Minerallagerstätten.

Der kristallographische Habitus der einzelnen Mineralien alpiner Mineralagerstätten läßt sich für jedes Mineral meist durch eine kleine Anzahl bestimmter Typen darstellen. Das entspricht der Gleichartigkeit der Entstehungsbedingungen, der physikalischen Parameter. In einem Gestein sind auch noch die Konzentrationen nahe konstant und daher sind dessen Kluftminerale häufig nur durch ein oder zwei Habitus Typen charakterisiert. — Man erreicht also eine wesentliche Ersparnis beim Druck und eine größere Übersichtlichkeit des Verzeichnisses der Minerallagerstätten, wenn man nicht jedesmal die Flächensymbole hinschreibt, sondern bei den häufigeren Mineralien die sich wiederholenden Kombinationen der Flächen durch Abkürzungen charakterisiert, wie es in der folgenden tabellarischen Übersicht geschehen ist. An den Kombinationen treten bisweilen seltenere Flächen auf, die dann oft nur einem Teil der Kristalle in der betreffenden Mineralkluft eigen sind. Diese Flächen haben hauptsächlich kristallographisches Interesse; sie sind nicht durch die uns in ihren großen Zügen bekannten physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Auskristallisation bestimmt. Soweit Messungen anderer Autoren oder eigene schon vorlagen, sind die seltenen Flächen meist angegeben, aber Vollständigkeit wurde nicht beabsichtigt. — Einige Mineralien zeigen an Fundorten, an denen sie besonders reichlich vorkommen, so z. B. Anatas an der Alp Lerchelini, Idokras an der Testa ciarva bei Ala, Apatit an mehreren Fundorten, verschiedene Kristalltypen, die meist Übergänge aufweisen und sich nicht in ein Schema bringen lassen. Andere Mineralien, wie Epidot, Titanit, haben fast an jedem Fundort einen besonderen Habitus. In diesen Fällen wird die Flächenkombination jeweils später besonders angeführt.

Die Flächensymbole und Wahl der Parameter folgt C. Hintze's Handbuch der Mineralogie, soweit es erschienen. Die Flächen, welche im wesentlichen den Kristall umgrenzen, sind von den klein ausgebildeten durch Strichpunkt getrennt. Ist eine Fläche besonders groß und für die Gestalt bestimmend, so ist sie fett gedruckt.

Der am häufigsten auftretende Habitus eines alpinen Kluftminerals ist auch fett gedruckt.

1. **Pyrit.** H 1: (100). H 2: (100) (111). H 3: (210). H 4: (210) (110). H 5: (210) (421). H 6: (210) (100). H 7: (100) (111) (210) (421). kl. < 5 mm, gr. > 2 cm.<sup>1)</sup>
2. **Galenit.** H 1: (100). H 2: (100) (111). kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.

<sup>1)</sup> kl. bedeutet, daß die Dimensionen des Kristalls als alpines Kluftmineral besonders klein, gr., daß sie besonders groß sind. Hierbei ist die Grenze für diese Größenbezeichnung in cm oder mm angegeben und soweit nötig, die Richtung, nach welcher die Länge zu messen ist, durch die Achse in | |.

3. **Quarz.** H 1:  $(10\bar{1}0)$   $(10\bar{1}1)$   $(01\bar{1}1)$ . H 2:  $(10\bar{1}0)$   $(30\bar{3}1)$   $(10\bar{1}1)$   $(01\bar{1}1)$ ;  $(10, 0, \bar{1}0, 1)$ . H 3:  $(10\bar{1}0)$   $(10\bar{1}1)$   $(01\bar{1}1)$ ;  $(51\bar{6}1)$   $(11\bar{2}1)$ . H 4:  $(10\bar{1}0)$   $(10\bar{1}1)$   $(01\bar{1}1)$ ;  $(11\bar{2}1)$   $(51\bar{6}1)$   $(31\bar{4}1)$ . H 5:  $(10\bar{1}0)$   $(40\bar{4}1)$   $(10\bar{1}1)$   $(01\bar{1}1)$ ;  $(50\bar{5}3)$ . |c| kl. < 5 mm, gr. < 10 cm. Wenn bei Quarz kein Habitus angegeben, so herrscht H 1 vor.

4. **Rutil.** H 1:  $(110)$ ;  $(101)$   $(100)$ . H 2:  $(110)$   $(101)$   $(100)$   $(111)$   $[3\bar{2}1]$ . |c| kl. < 2 mm, gr. |a| > 2 mm.

5. **Anatas.** H 1:  $(111)$ . H 2:  $(111)$ ;  $(001)$ . H 3:  $(111)$  terrassenförmig. H 4:  $(111)$   $(001)$ ;  $(101)$  daneben häufig ganz klein (5, 1, 19). H 5:  $(11\bar{2})$   $(111)$ ;  $(225)$   $(201)$ . H 6:  $(111)$   $(101)$   $(001)$ ;  $(110)$ ;  $(301)$   $(113)$ . H 7:  $(111)$   $(001)$   $(113)$ . |c| kl. < 2 mm, gr. > 5 mm.

6. **Brookit.** H 1:  $(100)$ ;  $(110)$   $(122)$   $(001)$ . H 2:  $(100)$   $(110)$ ;  $(210)$   $(010)$   $(021)$   $(122)$   $(001)$   $(134)$   $(104)$ . H 3:  $(100)$ ;  $(110)$   $(210)$   $(104)$   $(001)$   $(102)$   $(122)$   $(322)$   $[(021)]$   $(112)$  mit Sanduhrzeichnung auf  $(100)$ . H 4:  $(100)$ ;  $(110)$   $(001)$   $(021)$   $(122)$ . |c| kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.

7. **Hämatit.** H 1:  $(0001)$   $(10\bar{1}0)$   $[22\bar{1}0]$ . H 2:  $(0001)$   $(10\bar{1}1)$   $(10\bar{1}0)$   $(1120)$ ;  $[2243]$ . H 3:  $(0001)$   $(11\bar{2}0)$ ;  $(22\bar{4}3)$   $[(10\bar{1}0)]$ . H 4:  $(0001)$   $(10\bar{1}1)$ ;  $(22\bar{4}3)$   $[01\bar{1}2]$ . H 5:  $(0001)$   $(10\bar{1}1)$   $(02\bar{2}1)$   $(01\bar{1}2)$ ;  $(22\bar{4}3)$ . |a| kl. < 5 mm, gr. > 1,5 cm.

8. **Ilmenit** (Crichtonit). H 1:  $(0001)$   $[10\bar{1}1]$ . |a| gr. > 1 cm.

9. **Magnetit.** H 1:  $(111)$ . kl. < 2 mm, gr. < 5 mm.

10. **Calcit.** H 1:  $(21\bar{3}1)$ . H 2:  $(21\bar{3}1)$ ;  $(10\bar{1}1)$ . H 3:  $(21\bar{3}1)$ ;  $(21\bar{3}4)$ . H 4:  $(10\bar{1}1)$ ;  $(21\bar{3}1)$ . H 5:  $(31\bar{4}5)$   $(10\bar{1}1)$   $(21\bar{3}1)$ . H 6:  $(0001)$ ;  $(10\bar{1}0)$   $(01\bar{1}2)$ . H 7:  $(01\bar{1}2)$ ;  $(0001)$ . H 8:  $(01\bar{1}2)$ ;  $(10\bar{1}0)$ , häufig abgerundet. H 9:  $(01\bar{1}2)$   $(21\bar{3}1)$ . kl. < 5 mm, gr. > 2 cm.

11. **Dolomit.** H 1:  $(10\bar{1}1)$ . kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.

12. **Siderit.** H 1:  $(10\bar{1}1)$ . kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.

13. **Strontianit.** H 1: Nadeln ohne deutliche Flächen.

14. **Cerussit.** H 1:  $(010)$   $(111)$ ? stets sehr klein, unter 1 mm.

15. **Amphibol.** a) **Tremolit** H 1:  $(110)$ ;  $(010)$ . stets größer als 5 mm; b) gewöhnliche Hornblende H 1:  $(110)$   $(010)$ ;  $(\bar{1}11)$ ? stets sehr schmal  $\perp$  zur c-Achse.

16. **Skapolith.** H 1:  $(110)$   $(100)$ .

17. **Orthoklas** (Adular). H 1:  $(110)$   $(001)$   $(\bar{1}01)$ . H 2:  $(110)$   $(\bar{1}01)$   $(001)$ ;  $(010)$   $(130)$   $[(\bar{2}03)$   $(\bar{1}11)]$ . H 3:  $(110)$   $(010)$   $(001)$   $(\bar{1}01)$ ;  $(\bar{2}01)$ . H 4:  $(110)$   $(\bar{1}01)$ . kl. < 5 mm, gr. > 5 cm.

18. **Albit.** H 1 (Albit):  $(010)$   $(001)$   $(110)$   $(1\bar{1}0)$ ;  $(\bar{1}01)$   $[(130)$   $(11\bar{1})]$ . H 2:  $(010)$   $(1\bar{1}0)$   $(110)$   $(001)$ ;  $(\bar{1}01)$   $(\bar{1}11)$   $(\bar{1}11)$   $[\bar{4}03]$ . H 3:  $(010)$   $(1\bar{1}0)$   $(110)$   $(1\bar{3}0)$   $(130)$   $(\bar{1}01)$   $(001)$ . H 4 (Periklin):  $(001)$   $(\bar{1}01)$   $(010)$   $(110)$   $(1\bar{1}0)$ ;  $(11\bar{1})$   $(\bar{4}03)$ . H 5: Periklinzwilling mit den Flächen von H 4. H 6: Albitzwilling von H 1. H 7: Albitdrilling. H 8: Periklinvierling mit Flächen von H 4. H 9: Karlsbader und Albitzwilling. H 10: Albitzwilling mit  $(010)$   $(\bar{1}01)$   $(001)$ ;  $(0\bar{2}1)$   $(1\bar{1}0)$   $(1\bar{3}0)$ . H 11: Albitzwilling und  $(010)$   $(\bar{1}01)$   $(001)$ .

19. **Turmalin.** H 1:  $(11\bar{2}0)$   $(10\bar{1}0)$   $(10\bar{1}1)$ . H 2:  $(11\bar{2}0)$   $(02\bar{2}1)$   $(10\bar{1}0)$   $(01\bar{1}2)$ ;  $(10\bar{1}1)$   $(0001)$ . H 3:  $(10\bar{1}0)$   $(11\bar{2}0)$   $(10\bar{1}1)$ ;  $(02\bar{2}1)$   $(01\bar{1}2)$   $(0001)$ . H 4:  $(10\bar{1}0)$   $(01\bar{1}1)$ . kl. |c| < 5 mm, gr. || > 2 cm.

20. **Granat.** H 1: (110). H 2: (211). H 3: (110); (211) [(321)]. kl. < 4 mm, gr. > 1 cm.
21. **Epidot.** H 1: (001) (100) ( $\bar{1}01$ ) (101) (110) ( $\bar{2}01$ ); ( $\bar{1}11$ ) [(011)] [(111)]. H 2: (001) ( $\bar{1}01$ ) ( $\bar{2}01$ ); ( $\bar{3}02$ ). H 3: (001) ( $\bar{1}01$ ) (100) (011) [ $\bar{1}0\bar{2}$ ]. H 4: (001) ( $10\bar{1}$ ) ( $\bar{1}02$ ); (100) (011) ( $11\bar{1}$ ). H 5: (100) (001) (010) ( $\bar{1}01$ ); ( $\bar{1}11$ ) ( $\bar{2}33$ ). H 6: (001) (100) ( $\bar{1}01$ ) ( $\bar{1}11$ ). H 7: (103) (001) (101) ( $\bar{1}01$ ) (100) (110); ( $\bar{1}01$ ) ( $\bar{3}01$ ).
22. **Axinit.** H 1: ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) (111) (001); (101) (112) (201). H 2: (001) (111) ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) (110) (111); (100) (101) (201). kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.
23. **Laumontit.** H 1: (110) ( $\bar{2}01$ ). kl. |c| < 4 mm, gr. |c| > 1 cm.
24. **Skolezit.** H 1: (110) (010) (111) ( $\bar{1}11$ ). H 2: Zwillinge nach (100); Flächen wie H 1. H 3: (110); (111) ( $\bar{1}\bar{1}1$ ). kl. |c| < 4 mm, gr. |c| > 1 m.
25. **Faujasit.** H 1: (111). kl. < 2 mm, gr. > 4 mm.
26. **Apophyllit.** H 1: (001) (100) (111). H 2: (111) (100) (001). kl. < 2 mm, gr. > 1 cm.
27. **Heulandit.** H 1: (010) (201) ( $\bar{2}01$ ) (001); (110) ( $\bar{1}11$ ). H 2: (201) (010) ( $\bar{2}01$ ) (001); (110). H 3: ( $\bar{2}01$ ); (010) (110) (201) (001). kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.
28. **Chabasit.** H 1: ( $10\bar{1}\bar{1}$ ). H. 2: Zwillinge nach ( $10\bar{1}\bar{1}$ ). kl. < 2 mm, gr. > 5 mm.
29. **Desmin.** H 1: (010) (001) (110) Zwillinge nach (001). H 2: (010) (001); ( $\bar{1}01$ ) (110). |a| kl. < 1 mm, gr. > 3 mm.
30. **Chlorit.** Dies Mineral ist, wo nicht ausdrücklich anders erwähnt, Kluftausfüllung als feines Pulver aus kleinen pseudohexagonalen Krystallen, die selten zu wurmartigen oder kammartigen Gebilden und äußerst selten zu Kugeln zusammengewachsen sind.
31. **Muskovit.** H 1: (001); (441) (010). | $\perp c$ | kl. < 3 mm, gr. > 7 mm.
32. **Margarit.** H 1: (001) hexagonal umgrenzt.
33. **Titanit (Sphen).** H 1: (102) ( $\bar{1}1\bar{2}$ ); (001) (100). H 2: Zwilling nach (101), Flächen wie H 1. H 3: (102) ( $\bar{1}1\bar{2}$ ); (100) (001) ( $0\bar{2}\bar{1}$ ) (111) (110) ( $\bar{1}21$ ). H 4: (100) (102) (001) ( $\bar{1}1\bar{2}$ ). H 5: ( $\bar{1}1\bar{2}$ ) (102) (110); (111) (100) (001) (021) [( $\bar{1}32$ ) (132)]. H 6: (021) (102) ( $\bar{1}1\bar{2}$ ); (110) (111) (100) (001). H 7: (100) (111) (001). H 8: (102) (021); (100) (001). |b| kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.
34. **Apatit.** H 1: (0001) ( $10\bar{1}0$ ); ( $10\bar{1}1$ ) ( $10\bar{1}2$ ). | $\perp c$ | kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.
35. **Monazit (Turnerit).** H 1: (100) (101) (010); (011) (111). H 2: (100) (101) (010) (120); (011) (111). H 3: (100) (101) ( $\bar{1}01$ ) (011) (311); (110) (010) ( $\bar{1}11$ ) (111). H 4: (100) (011) ( $\bar{3}11$ ); (101) ( $\bar{1}01$ ). H 5: (100) ( $\bar{1}01$ ) ( $\bar{3}11$ ) (011); ( $\bar{1}11$ ) (110) (010) ( $\bar{2}11$ ). H 6: (100) (101) (011) ( $\bar{1}01$ ); (010) (110) (210) ( $\bar{3}11$ ) ( $\bar{1}11$ ) (122) (012) ( $\bar{1}21$ ) (105). kl. < 2 mm, gr. > 7 mm. Aufstellung wie bei Dana, Lacroix.
36. **Anhydrit.** H 1: (010) (100) (001). | $\top c$ | kl. < 1 mm, gr. > 2 mm.
37. **Wulfenit.** H 1: (111) (110); (001). kl. < 1 mm; gr. > 3 mm.
38. **Scheelit.** H 1: (101). kl. < 5 mm.
39. **Fluorit.** H 1: (111). H 2: (100). kl. < 3 mm, gr. > 1 cm.

## I. Minerallagerstätten von Vals-Platz (Graubünden).

Als topographische Unterlage dienten Blatt 413 und 412 des Siegfriedatlas, aus dem Bäche, Wege, Orte, Bergspitzen in Schwarz durchgezeichnet wurden. Verbessert wurde lediglich die Gletscherzeichnung in der Nähe von Fundorten nach dem Stand von 1900, sonst aber wurden die Gletscher nicht besonders eingetragen. Man kann mit einfacher Pause die Lage des Fundortes genau auf ein Blatt des Siegfriedatlas übertragen. Die Fundorte sind fast alle leicht zugänglich und auffindbar.

Die geognostische Unterlage der Mineralfundortskarte beruht im wesentlichen auf den Forschungen von A. Heim in den Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz, Lief. 25, Blatt 14 und den beigegebenen petrographischen Beiträgen von C. Schmidt, der das Adulamassiv besonders eingehend studierte. Ferner wurde zu Rate gezogen: A. Heim,<sup>1)</sup> Geologische Nachlese Nr. 16, Greinabahn und Nr. 17: „Über die nordöstlichen Lappen des Tessinermassiv“; dort werden die geologisch-tektonischen Probleme in neuer Auffassung dargelegt. Die Abhandlungen von O. Wilckens<sup>2)</sup> und von W. Freudenberg<sup>3)</sup> behandeln spezielle Fragen, auf die hier nicht eingegangen wird. Bei der Besichtigung der Mineralfundorte habe ich einige ergänzende geognostische Beobachtungen gemacht.

Der Adulagneiß kann als Mylonitgneiß bis Mylonitschiefer im Sinne von P. Quensel<sup>4)</sup> bezeichnet werden. Er ist ähnlich wie der Urserengneiß ein kaum zu entwirrender Komplex von Injektionsgneißen, Orthogneißen, Porphyren, Hornfelsen, Granuliten, Paragneißen ist, in dem aber das eruptive Material überwiegt. Der jetzt besonders charakteristische Gemengteil ist ein von C. Schmidt beschriebener, von E. A. Wülfing optisch und chemisch untersuchter grüner Glimmer (genauer zwei Glimmer, die beide zu den Phengiten gehören). Der Adulagneiß von den Fundorten am Frunthorn ist besonders stark geschiefert, besteht aber im wesentlichen aus granitischem Material, das weiter südlich,

<sup>1)</sup> A. Heim, Vierteljahrber. d. Zürcher Nat. Ges. 51, p. 378 u. 397. 1906.

<sup>2)</sup> O. Wilckens, Ztrbl. f. Min. 1907, p. 341.

<sup>3)</sup> W. Freudenberg, N. J. f. Min. Blbd. 36, p. 282. 1913.

<sup>4)</sup> P. Quensel, Bull. Geol. Institut. Upsala, 15, p. 91, 1916.

bei Lampertschalp, m. E. Ähnlichkeit mit Gotthardgraniten und Gneißen aufweist. Der Adulagneiß der Fundzone ist aber in seiner Gesamtheit nur eine geologisch-tektonische Einheit, die im großen ganzen eine zwischen Orthogneiß (vgl. p. 14) und Paragneiß stehende Zusammensetzung aufweist, im einzelnen aber aus sehr verschiedenen zusammengewalzten Materialien besteht. Nach Norden grenzt der Adulagneiß mit allmählichen Übergang, nur manchmal durch nachträglich eingeklemmten Dolomit getrennt, an die Bündnerschiefer des Piz Aul, die ihrerseits die Fortsetzung der Glimmerschieferzone südlich von Olivone-Piora sind. Nach Süden geht der Adulagneiß in den Paragneiß-Komplex des Valser Rhein über (vgl. p. 18), der seinerseits die Fortsetzung der Gneiß vom Rheinwaldhorn und des Glimmergneiß von Dongio-Faido ist. In diesem Glimmergneiß, dessen Glimmer braun bis schwarz ist, sind auch Orthogneiß und Aplite vertreten, ferner Kontaktschollen mit reichlichem Granat, Epidot. Dagegen sind die Amphibolite und Strahlsteinepidotschiefer meist selbständige Intrusivkörper. Die Marmore sind wohl alle lediglich tektonisch mit dem Glimmergneiß verknüpft, der nach O. Wilckens als Lappen oder Schuppen einer Decke aufzufassen ist. Der Glimmerschiefer des Piz Aul, den schon C. Schmidt<sup>1)</sup> als Graphitoid freie Glimmerschiefer von den eigentlichen Bündnerschiefern getrennt und beschrieben hat, ist den Glimmerschiefern des Gotthardmassives und den Serizitschiefern des Aarmassives verwandt.<sup>2)</sup> An den Anatas führenden Mineralfundorten zeigen die Glimmerschiefer normalen z. T. Serizitgneißähnlichen Habitus. Die von C. Schmidt beschriebenen Abarten des Komplexes, wie Granatglimmerschiefer, Disthenschiefer usw. sind arm an Mineralklüften. Glimmergneiß und Glimmerschiefer sind nicht scharf zu scheiden. Mesozoisch ist, wie A. Heim feststellte, die Hauptmasse der Bündnerschiefer. Der Komplex zerfällt in grüne Bündnerschiefer und die eigentlichen Bündnerschiefer, die Kalkkarbonat führten. Eine Zone derselben ist die Fortsetzung der Kalkglimmerschiefer des Tessin, die vom Südhang der Leventina über Piora mit Unterbrechungen südlich von Val di Campo, weiter nördlich von Piz Alpetta gegen Piz Aul und mit einer Unterbrechung gegen Buccarischuna zieht. Nördlich schließt sich durch Triasdolomit getrennt der Crinoidenliasschiefer vom Scopi an, und von diesem wieder durch eine Dolomitlage getrennt der Belemnitenschiefer (schwarze Klintonit-Phyllite). Die Crinoidenschiefer enthalten im ganzen reichlicher Kalk, weniger Klintonit und Zoisit als die Belemnitenschiefer und gleichen mehr den Viamalasschiefern und

<sup>1)</sup> C. Schmidt, loc. cit. p. 49.

<sup>2)</sup> Wir halten also diesen Teil der Bündnerschiefer für paläozoisch oder genauer permokarbonisch, hierin der Ansicht von Gümbel und Diener folgend.

grauen Bündnerschiefern. Es gehört m. E. der Kalkglimmerschiefer einer besonderen Decke an, während die Scopischiefer nur Teilschuppen einer Decke sind. Nach meiner Ansicht, auf Grund von Versuchen,<sup>1)</sup> sind die Decken hier, wie in vielen anderen Fällen, keine liegenden Falten, sondern überschobene Schichtkomplexe, die aber, namentlich randlich, gestaut und in sich gefaltet sein können. An der Tatsache weitreichender Überschiebungen selbst kann man kaum zweifeln, wenn man größere Teile der Alpen oder des skandinavischen Hochgebirges gesehen hat.

Die Grünschiefer von Vals beschreibt C. Schmidt (loc. cit. p. 61, vgl. auch die Analyse von Dr. Scheid). Die Menge des basischen Plagioklas wechselt; bisweilen ist er völlig zersetzt; Calcit, Epidot und neugebildeter Albit vertreten ihn. Die meisten Züge und Linsen sind sehr basisch, als Hornblendeschiefer oder Aktinolithschiefer zu bezeichnen; manche entsprechen metamorphem Gabbro oder Diabas, andere, z. B. südlich des Piz Aul, sind kiesel-säurereicher und eher aus einem Diorit oder Hornblendeandesit hervorgegangen. Im ganzen gleichen die ausgedehnten Zonen dieser Schiefer den Grünschiefern in Jura und Trias des Simplonmassivs, über die eine Monographie von H. Preiswerk<sup>2)</sup> vorliegt.

In die Kalkglimmerzone ist wie am Scopi ein Gesteinskomplex eingelagert, der petrographisch im wesentlichen Paragneiß ist, aber auch Orthogneiße enthält und den ich als gneißmetamorphes Permokarbon deute. Im Tessiner-massiv wie in dieser Schuppe des Adulamassivs umfaßt der Kontaktmetamorphismus vielleicht noch die unterste Trias.

Über den chemischen Bestand der meisten hier erwähnten Gesteine sind wir nur durch die petrographische Diagnose angenähert unterrichtet.

Die Mineralfundorte von Vals zeichnen sich durch Schönheit und Größe der Kristalle und Mannigfaltigkeit der Paragenese aus. Auf einem kleinen Raum sind Gesteine und damit Fundortstypen zusammengedrängt, die sonst in verschiedenen Massiven vorkommen und über die Westalpen zerstreut sind. Das hat sowohl tektonische Gründe, da hier in den Decken Gesteine verschiedener Massive aufeinander gepreßt wurden, wie petrographische, da ursprünglich im Osten Gotthard- und Tessinergranite zusammenflossen und sich dem Aarmassiv näherten.

Die eigenartige Verteilung der meisten Fundorte, die Häufung an wenigen Stellen, kann nur durch tektonische Sonderheiten beim Abklingen der Be-

1) Vgl. Verhdl. d. deutschen geolog. Ges. 65, p. 65. 1913.

2) H. Preiswerk, Beitr. z. geolog. Karte d. Schweiz. Lief. 26. Teil. 1907.

wegungen, Aufreißen größerer Klüfte, an bestimmten Punkten bedingt sein.<sup>1)</sup> Die großen offenen Mineralklüfte mit unversehrten bis 80 cm langen Quarzkristallen beweisen, daß hier die Mineralbildung den Abschluß der Gebirgsbildung und Gesteinsmetamorphose bildete.

Aus der Tiefe<sup>2)</sup> kam Wasserdampf, Kohlensäure, wie aus den Einschlüssen in den Quarzen zu ersehen ist, und vielleicht wie im Aaremassiv ŠŮ, und Čl.<sup>3)</sup> Doch waren diese pneumatolytischen Bestandteile nur spärlich. Skapolith in Klüften, wie ihn H. Preiswerk<sup>4)</sup> vom Nordrand des Tessinermassivs beschrieb, konnte nicht beobachtet werden. Daß nicht andere Bestandteile wie  $TiO_2$ ,  $F$  usw. pneumatolytischen Ursprungs sind, beweist die strenge Abhängigkeit der Mineralvorkommen vom Gestein. Anatas und Ilmenit kommen als beachtenswerte Kluftminerale nur im Glimmerschiefer und Glimmergneiß vor, Titanit nur in den reichlich Titanit führenden Hornblendegesteinen, Amianth und Epidot in nennenswerter Menge nur, wo Hornblende und Plagioklas reichlich im Gestein zugegen sind, Beryll nur in Beryll führenden Apliten, die Bormineralien nur in Schlieren des Adulagneiß, wie im Gotthardmassiv nur in Schlieren des Crystallinagranits. Apatit ist meines Wissens noch in keiner Mineralkluft der Valsergegend gefunden worden, von Erzen ist nur Pyrit zugegen und auch dieser nur sehr spärlich. Das Valsermassiv entspricht in der Mineralparagenese der Klüfte etwa der Zone Urseren-Tavetsch.

Im Dolomit ist die Sammel- und Umkristallisation nicht so stark wie bei Campolungo und Imfeld. — Nach Süden hin werden die Mineralklüfte rasch seltener und kleiner, ganz ähnlich wie im Tessinermassiv. Im Norden fehlen sie, wohl nur aus mechanischen Gründen, in den Sedimentschiefern. Der Gesteinsmetamorphismus der nördlichen Zone, der Fortsetzung der Liasschiefer des Scopi, entspricht dem Gotthardmassiv, der der unmittelbar südlich anschließenden aufgeschobenen Kalkglimmerschiefer dem Tessinermassiv. Die weiter südlich folgenden Gneise sind Mylonite von Eruptiva, die wohl ursprüng-

<sup>1)</sup> Die Fundstellen sind fast alle von einem sehr findigen und kenntnisreichen Kristallsucher, P. Stoffel in Vals-Platz, entdeckt. Gleichwohl ist nicht persönlichen Zufälligkeiten zuzuschreiben, daß dort nur an bestimmten Punkten Mineralien gefunden wurden; denn P. Stoffel hat alle Berge in der Umgegend von Vals durchstreift. Ich habe mich in seiner Begleitung davon überzeugt, daß z. B. nordöstlich von Lampertschalp gegen 400 Quadratkilometer gut aufgeschlossener Gesteinsfläche sehr mineralarm sind, nur ab und zu eine kleine Kluft mit etwas Quarz enthalten. — Zu beachten ist, daß keineswegs die ganzen Zentralalpen so gut wie die Umgegend von Vals schon völlig durchsucht sind; manche Stelle kann sich später noch mineralreich erweisen.

<sup>2)</sup> P. Termier, Congr. geol. intern. Stockholm 1910. I, p. 587.

<sup>3)</sup> J. Koenigsberger und W. J. Müller, Zentralbl. f. Min. 1906, p. 72.

<sup>4)</sup> H. Preiswerk, Verh. d. Naturf. Ges. Basel. 27, p. 166. 1917.

lich denen des nördlichen Tessinermassivs gleichen. Die wesentlichen regional metamorphen chemischen Umwandlungen der Gesteine gehen der Hauptphase des Zusammenschubs voraus und sind daher im jetzigen Adulamassiv sehr wechselnd, während die nach Abschluß der Gebirgsbildung einsetzende Mineralbildung in Klüften im ganzen Massiv übereinstimmt, nach Norden und Süden aber seltener wird.

Man könnte einwenden, daß ebenso wie die Mineralbildung in den Klüften ganz vom Gestein abhängt und mit dessen chemischer Beschaffenheit variiert, daß ebenso die Verschiedenheit im Metamorphismus der Gesteine im Valser Tal auf verschiedener chemischer Zusammensetzung beruht. Es bestehen aber zwischen den Kalkglimmerschiefern und zwischen den dicht nördlich davon gelegenen andersartig metamorphen Liasschiefern des Scopi keine wesentlichen chemischen Unterschiede. Kalkglimmerschiefer haben nach den Analysen von L. Hezner<sup>1)</sup> an Material des Simplonmassivs: 30—55 %  $\text{SiO}_2$ , 14—30  $\text{CaO}$ , 8—12  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; die Knotentonschiefer des Scopi nach W. v. Holst-Pellekan<sup>2)</sup>: 45—53 %  $\text{SiO}_2$ , 6—22  $\text{CaO}$ , 7—12  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Immerhin wäre im Valsermassiv allein der Nachweis, daß die Hauptzüge des Gesteinsmetamorphismus aus der Zeit vor dem Deckenschub stammen, nicht ganz sicher zu erbringen. Doch die Vergleichung des Metamorphismus chemisch gleichartiger Gesteine in getrennten Massiven, z. B. Aare—Gotthard—Tessinermassiv, auf der Linie Altdorf—Locarno und dann in den Decken des Oberengadins usw., wo dieselben chemisch gleichartigen Gesteine jetzt dicht nebeneinander denselben völlig verschiedenen Grad des Metamorphismus zeigen, den sie in den oben erwähnten getrennten Massiven besitzen, beweist, daß die regionale Gesteinsmetamorphose dem Schub voranging; sie war ein Teil der Gneißmetamorphose.<sup>3)</sup>

Folgen wir der Terminologie von E. Argand,<sup>4)</sup> so ist die Zeit der Mineralklüfte postinsubrisch zu nennen. Also sind in den Gesteinen des Adulamassivs folgende Metamorphosen vor sich gegangen:

1. Eine oder mehrere jetzt aber nicht mehr unterscheidbare Greißkontakt-Intrusionsmetamorphosen, die bis zum Permokarbon und unterer Trias reichen. Diese klingen langsam als weit ausgedehnte Regionalmetamorphose ab, die zeitlich im Tessinermassiv bis über das Ende der Jurazeit, bis in die Zeit der beginnenden allmählich stärker werdenden Gebirgsbewegungen reicht.

<sup>1)</sup> Zusammenstellung der Resultate usw. von U. Grubenmann und L. Hezner, Vierteljahrsh. der Naturf. Ges. Zürich. 61, p. 149. 1916.

<sup>2)</sup> W. v. Holst-Pellekan, Geologie der Gebirgsgruppe des Piz Scopi. 1913.

<sup>3)</sup> Vgl. auch Zeitschrift der Deutschen geol. Ges. 1912, p. 518.

<sup>4)</sup> E. Argand, Ecol. geol. helv. 14, p. 145. 1916.

2. Die Bewegungen werden immer stärker und verursachen eine Dislokationsmetamorphose (Mylonitisierung), in Verbindung mit einer Dynamo- oder Teleintrusionsmetamorphose, welche letztere entweder noch mit (1) zusammenhängt oder durch eine neue fernabliegende Intrusion bedingt sein mag. Diese Erscheinungen umfassen die Zeit des orogenetischen Paroxysmus, des Deckenschubes usw. bis zum mittleren Oligocän.

3. Eine Fortdauer der Dynamometamorphose beim Ausklingen der Gebirgsbewegung, die kleinere offenbleibende Klüfte aufreißt. Das ist die Zeit der Entstehung der alpinen Mineralien; sie endet im Miocän.

Da gleiche chemische Konzentration, Temperatur und Zeitdauer der Erhitzung und Abkühlung gleiche Kristallisationsprodukte geben müssen, finden wir in den Gesteinen des Adulamassivs dieselben Kluftmineralien wie in chemischen verwandten Gesteinen anderer Massive. Das ist im einzelnen weiterhin ausgeführt.

Die im folgenden gebrauchten Abkürzungen sind in der „Einleitung“ erläutert. Die Angaben des Habitus und einzelner Flächen beruhen meist auf Messungen mit Reflexionsgoniometer.

#### Adulagneiss.

Das Gestein gehört zu den Mischgesteinen. (Sign. auf Hauptkarte rot, schwarz schraffiert.)

1. **Rauchquarz** (1) H 5 a:  $c = 1:4$ , kurze Prismenflächen, durch Zuspitzung in Treppenform rauh. **Calcit** (2) sp. oder fehlend, kl. H 5. (Piz Frunt.)

2. **Quarz** (1) a:  $c = 1:6$ , H 3. **Chlorit** (2) (V. Nova bei Lampertschalp).

3. u. 3'. **Fluorit**. H 1, rosa, gr. in 3'. **Fluorit**, rosa, H 1 und blau, H 2, meist getrennt, aber auch H 2 über H 1 gewachsen. (Piz Frunt.)

4. **Rauchquarz** (1), H 5. **Fluorit** (2), gr. H 1, rosa, auch blau, H 2. Beide Varietäten meist getrennt. (Piz Frunt: In Sammlungen mit „Vals“ oder „Vrin“ bezeichnet.)

4'. wie 4. H 5, dazu gut ausgebildet (5161) und (15,0, 15,4). **Calcit**, H 4. — D. Wiser (N. J. f. Min. 1861, p. 672) beschreibt Rauchquarz und Flußspath vom Weg „von Vrin auf die Greina“, die unzweifelhaft diese Vorkommen 4 sind.

5. **Adular** (1). H 1. **Quarz** (1a). **Danburit** (2) mit (100) (110) (212); (120) (010) (011) [111] [650?], den V. Goldschmidt<sup>1)</sup> beschrieben hat, überzieht die Mineralstufen, auch gebrochene ausgeheilte Quarzkristalle. **Chlorit** (2). (Lampertschalp, etwa eine Stunde von der Alphütte, genaue Lage der Fundstelle mir unbekannt.)

6. **Quarz** (2). **Fluorit** (3), rosa, H 1, gr. **Epidot** (1), häufig in Reihen || b verwachsen, tafelig nach M und T (bei Leis).

7. auf mylonitisiertem Aplit: **Rauchquarz** (1). **Beryll** (1), von J. Koenigsberger<sup>2)</sup> beschrieben, blau (10 $\bar{1}$ 0) (0001) (11 $\bar{2}$ 0) (10 $\bar{1}$ 1). (Piz Frunt, Lampertschalp.)

<sup>1)</sup> V. Goldschmidt, Danburit von P. Casanell im Peterstal. Ztbl. f. Min. 1904, p. 725.

<sup>2)</sup> J. Koenigsberger, Beryll aus dem Valser Tal. Eclog. geol. helv. 9, pag. 438. 1907. Es ist noch nachzutragen, daß n. auffallend hoch = 1,588, und viele Bruchstücke zweiachsig sind. Doppelbrechung  $\epsilon - w = 0,006$ .

8. **Quarz** (1). Anatas (2), H 3, dunkelblau. Chlorit (3), dunkelgrün. (Piz Frunt, Nordseite.)

9. **Rauchquarz** (1). Adular (1), sp. Pseudomophosen von Brauneisen nach Pyrit (?) (1), Calcit (2), H 4. Anatas (3), H 1, blau gestreift, sp. (Piz Frunt, zwischen den beiden Gipfeln.)

10. **Quarz** (1). Hämatit (2), sp., H 1 und Rosetten. Rutil (2), auf dem Quarz als ganz kleine Säulen, ssp. (Vernok, A. Padonatsch auf kurzen, engen Klüften.)

11. **Rauchquarz** (1) oder **Quarz** (1) mit Einschlüssen von dunkelbraunen Nadeln, die meist ausgelaugt sind und in deren Hohlraum bisweilen kleine Turneritkristalle sitzen. Turnerit (2), gr., in dicken Kristallen oder vierkantigen an einer Ecke abgestumpften Tafeln: H 1 und H 4. Chlorit (3). (Dachberglücke.)

12. **Quarz** (1), schwach rauchbraun; Bruchstücke, auf denen sehr kleine (0,5 mm) Kristalle eines quadratischen Minerals sitzen, das  $\parallel (110)$  spaltet, mit starker Doppelbrechung,  $n_1$  etwas  $> 1,7$ ,  $n_2$  erheblich größer  $> 1,7$ , einachsigt, optisch positiv; in Säuren unlöslich, wohl Xenotim. Fundort angeblich A. Padonatsch.

Die meist sehr schmalen, 10—20 cm hohen, aber weit bis über 20 m ausgedehnten Klüfte stehen vertikal, wo der Adulagneiß horizontal liegt. Die Klüfte haben häufig nur wenig Quarzband; die Mineralien sind auf ausgelaugtem, löcherigem Gestein, dem Quarz, Glimmer, auch Orthoklas geblieben sind, aufgewachsen. Quarz herrscht vor, da das Muttergestein sauer ist. Die Klüfte reichern sich an leicht löslichem Fluorit und Borsilikaten an, soweit diese im Gestein vorhanden sind. Die Assoziation von 1.—4. gleicht der im Aaregranit (1' des Hauptverz.); 6. entspricht etwa 1 und 1' des Aaregranits im Hauptverz.; 5. ist dem Vorkommen 7'' im Gotthardgranit am P. Vallatsch verwandt; 10. dem 4' im östlichen Aaremassiv; 8. gleicht dem Vorkommen am Galenstock 1'a; 9. und 11. weisen darauf, daß im Adulagneiß Serizitschiefer und -gneiß mit eingepreßt sind, denn das sind Assoziationen, die wir in den West- und Ostalpen nicht in Granit oder Orthogneiß, sondern stets nur in Serizit- und Glimmerschieferkomplexen finden.

Der Gneiß 1.—4' ist normaler Eruptivgneiß, bei der Deckenbildung ausgewalzt, hat Muskovit, keinen Biotit; als sekundäre Produkte: Epidot und Phengit. Der Kalifeldspath ist Mikroklin. Oligoklasalbit sowie Albit spärlich. Quarz in der Granit entsprechenden Menge. Das zersetzte Gestein zeigt als Neubildung: Muskovit, Quarz, auch etwas Adular und Eisenoxyd.

## Piz Aul.



Großes Quarzband A—A mit den Mineralfundstellen am Fuße der Westwand des Piz Aul, nahe bei Fuorcla Patnaul. (Vgl. Text p. 16.)

B. Kluft mit den von U. Grubenmann beschriebenen Quarzkristallen mit Rutileinschluß.

C. Klüfte mit Anatas und Brookit usw. (Vgl. p. 16.)

Die Klüfte sind Erweiterungen von kurzen senkrecht zur Schieferung des Gesteines und senkrecht zum Quarzband A.A. verlaufenden Spalten, die ihrerseits wieder größtenteils von Quarzband ausgefüllt sind oder sie liegen in Lücken des Quarzbandes AA. Bisweilen findet man aber auch in Höhlungen des Quarzbandes, das derber kristallisierter Quarz ist, schön kristallisierte Mineralien derselben Zusammensetzung und Ausbildung, wie in der Kluft. Im Band sind bisweilen auch einige der häufigsten Kluftmineralien, z. B. Calcit, in derben Massen ausgeschieden.

Die beistehende Aufnahme wurde von Dr. K. Hager in Disentis freundlichst zur Reproduktion überlassen. Die Grenzen des Quarzbandes sind von mir durch schwarze Umrandung hervorgehoben.

### Glimmerschiefer.

(Signatur auf Hauptkarte gelb, schwarz schraffiert. Dies Gestein ist wahrscheinlich permokarbonisch.)

1. **Quarz** (1). **Anatas** (2), H 1 — H 2, kl. **Rutil** als **Sagenit** (2). **Chlorit** (3), dunkel. (P. Terri, V. Blengias.)

2. **Quarz** (1), mit spärlichen eingewachsenen **Rutilhaaren**. **Calcit** (2), H 5, corrodirt. (Faltschonahorn gegen Piz Aul.)

2'. **Quarz** (2), **gr.** — **Rutilhaare** in und auf **Quarz** (1), auch als Füllmasse in der Kluft. **Calcit** (2), H 7, Parallel-Verwachsungen. **Chlorit** (3), grün, sp. **Adular** (1), H 1 — H 4, sp. **Pyrit** (2), sp., H 1 (Piz Aul.) U. Grubenmann<sup>1)</sup> hat die schönen großen **Rutilquarzkristalle** dieses Fundortes, von denen das größte Exemplar in der Sammlung des eidgen. Polytechnikums in Zürich 32 cm Höhe und 42 cm Umfang hat, eingehend beschrieben. Die Mineralkluft hatte etwa 60 cm Querabstand, mit Kluftflächen von über  $10 \times 20$  m. (II b. 2' Hptv.)

3. **Quarz** (2). **Turnerit** (1) als Überzug auf **Quarz** in sehr kleinen Kristallen. **Turmalinnadeln** in **Quarz** (1). (A. Padonatsch, genaue Lage der Fundstelle mir unbekannt.)

4. **Quarz** (1). **Calcit** (3), H 7, als wulstige, corrodirt Rhomboeder ( $-\frac{1}{2}$  R.), die für die ganze Fundortreihe am Piz Aul charakteristisch. **Adular** (1), H 1, kl. **Pyrit** (2), H 2, kl. **Anatas** (2), H 2, gr. **Chlorit**, fahlgelbgrün, die für **Anatasfundorte** charakteristische Farbe. **Crichtonit**, große **Basistafeln** in **Quarz**. **Brookit** (2), H 4, ssp. (Piz Aul. Breitengrat am Piz Aul.) Klüfte 10—60 cm hoch, daneben viel **Quarzband**. (II b. 3' Hptv.)

4'. **Quarz** (1). **Anatas** (2), H 2, gr. **Rutilhaare** (1) im **Quarz** spärlich. **Brookit**, sp., dünne Tafeln. **Adular**, **Pyrit**, **Calcit**, wie oben aber spärlicher. (Piz Aul.)

4''. wie 4., aber **Calcit** fehlt und **Adular** ist spärlich. (Brandegg bei Tamül. Weißenstein bei Vals in demselben Gestein wie am Piz Aul. St. Martin nördlich von Vals.)

5. **Quarz** (1), flach nach einem **Prisma**. **Brookit**, H 4, gr. z. T. halb in **Quarz** eingewachsen. **Calcit** in flachen Tafeln nach (0001). **Adular**, sp. **Rutilhaare**, ssp. **Pyrit**, sp. **Chlorit**, ssp. (Piz Aul.) (II b. 3' Hptv.)

5'. wie 5. **Chlorit**, reichlicher. (Thusis, Fürstenaubruck, in echtem Bündnerschiefer.)

Die Typen 2', 4, 4', 5 stammen von dem Fundort am Piz Aul. Dort liegen in einer **Quarzader**, die über 100 m lang, etwa **WNW—OSO** streicht, aufeinanderfolgend die Klüfte. Zu unterst die große **Rutilquarzkluft** 2 (B), dann 4, 4', 5. Die große, 1—2 m breite **Quarzader** AA der Abbildung p. 15 liegt senkrecht zur Schieferung und fällt unter etwa  $60^\circ$  nach **ONO** ein. Senkrecht zu ihr und zur Schieferung fast vertikal gegen **ONO** gerichtet stehen 4 kurze (3—10 m hohe) **Mineralklüfte** B, C mit ihren kleineren **Quarzbändern**, die seitliche Äste der Hauptquarzader sind. Man sieht drei Klüfte gut auf dem beistehenden Bild, das Dr. K. Hager in Disentis aufgenommen hat und für diese Veröffentlichung freundlichst zur Verfügung stellte.

Die Mineralien sind auf dem Gestein im Raum zwischen Band und Gestein aufgewachsen. Wenn bei 4' und 5' auf den Stufen im Museum die

<sup>1)</sup> U. Grubenmann, 101. Neujahrsblatt d. Nat. Ges. Zürich. 1899.

Titanmineralien überraschend reichlich erscheinen, so darf man nicht vergessen, daß in der Natur der derbe Quarz in der Kluft als Band weitaus vorwiegt.  $\text{SiO}_2 : \text{TiO}_2 = 1000 : 1$ . In der Kluft 2', in welcher die Quarzkristalle, verglichen mit den Titanmineralien (Rutilhaaren) in der Kluft am reichlichsten vorkommen, nimmt das Band den kleinsten Raum ein. So verschiedenartig sich auch auf den Museumsstufen die vier Fundorte darstellen, so ist doch die gesamte Paragenese und deren chemischer Bestand, wenn man das Quarzband einrechnet, recht gleichartig. — Die drei Modifikationen des Titandioxyd, Rutil, Anatas, Brookit, kommen in der Kluft 4' auf derselben Mineralstufe vor und sind miteinander verwachsen, wie das auch schon anderorts, z. B. im Grieserthal, beobachtet wurde. Rutil scheidet sich am Piz Aul wie anderwärts als erstes Mineral, gleichzeitig mit Quarz aus, und wächst bis zum Ende der Quarzkristallisation und darüber hinaus, etwa im Temperaturintervall von  $500^\circ$ — $250^\circ$  C. Brookit ist in den obersten Schichten des Quarz eingewachsen oder sitzt auf den ausgebildeten Quarzkristallen, reicht also etwa  $350^\circ$ — $250^\circ$ ; Anatas ist das jüngste der drei Mineralien in einem Temperaturintervall etwa  $320^\circ$ — $240^\circ$ . Meist pflegt Adular den Anatas, etwas weniger häufig Albit den Brookit zu begleiten. Anatas ist am Piz Aul wie in den ganzen Westalpen mit Tafeln von Titaneisen, Crichtonit, der im Quarz eingewachsen, assoziiert. Chlorit ist am Piz Aul (wie im Grieserthal) in den Klüften mit Anatas häufiger, hat eine gelbgrüne, auffallend helle Farbe, an der ein Mineralsucher sofort erkennt, daß die Kluft Anatas enthalten wird.

In welcher Form das Titanoxyd — die Kluftmineralien Rutil, Anatas, Brookit — im Gestein vorhanden war, ob es im Glimmer chemisch gebunden oder in feinen Rutilnadeln kristallisiert war, ließ sich vorläufig nicht ermitteln, ebensowenig die Ursache, warum die drei Formen des Titanoxyd meist getrennt aber doch an nahe benachbarten Fundorten vorkommen.

Der Fundort 5' gehört weder geologisch noch petrographisch in die Zone der Glimmerschiefer des Piz Aul; die mesozoischen Bündnerschiefer von Thusis sind chemisch durch einen geringen Karbonatgehalt ausgezeichnet, der den paläozoischen Glimmerschiefern fehlt. Doch ebenso wie ein mesozoischer und paläozoischer Kalkstein, ein Hornblendeschiefer sedimentären und eruptiven Ursprungs gleiche Kluftmineralien führt, trifft das hier für Glimmerschiefer und Bündnerschiefer zu.

Calcit ist unter den Kluftmineralien im Glimmerschiefer reichlicher vertreten als im Adulagneiß, muß aber mit der Gesamtmasse des Quarz in der Kluft verglichen werden, und da ist die Kalkspathmasse gering:  $\text{SiO}_2 : \text{CaCO}_3 \leq 0,005$ .

### Glimmergneiss — Glimmerschiefer.

Diese Gesteine gehören zu den älteren metamorphen Schiefen der Hauptkarte. (Signatur gelb.)

1. **Quarz** (1). **Adular** (1), H 1, nach b langgestreckt, gedrehte Flächen. **Anatas** (2), H 1, gr., rot, z. T. in Rutil umgewandelt. **Chlorit** (3), gelbgrün. (Fanella nördl. Bach. Enge Klüfte von geringer Ausdehnung.)

1'. wie 1., dazu **Pyrit** (2), H 1, verzerrte Flächen. (Fanella südl. Bach.)

2. wie 1., dazu auf **Quarz** weiße, einen Kern mit **Chloriteinschluß** bergende kleine **Adularkristalle**, H 1. (Fanella nördl. Bach.)

3. wie **Quarz** (1). **Adular** (1), H 1, korrodiert. **Anatas** (2), H 1. **Rutil** (2) in Sternen von kurzen, sehr kleinen Kristallen, H 1 (?). (Fanella.)

4. **Quarz** (1), hauptsächlich als **Quarzband**. **Albit** (1), H 1 und H 7. **Monazit** (2), H 3, kl. (unter A. Moos, enge, kurze Klüfte).

4'. **Quarz** (1), hauptsächlich als **derbes Quarzband**. **Anatas** (2), H 1. **Crichtonit** (1) in **derben Tafeln** im **Quarz**. **Monazit** (2), gr., H 5. **Brookit** (2), sp., H 1, z. T. korrodiert, **Turmalinnadeln** (sog. **Turneritnadeln**) (1) in **Quarz**,<sup>1)</sup> O. dunkelbraun, E. gelbbraun (über A. Moos. Enge Kluft). Von hier vielleicht **Turnerit** von „Vals“, den H. L. Borman (Zt. f. Krist. 33, p. 121. 1900) beschrieben hat.

5. **Quarz** (1), kl. **Rutil** (1), H 1, dunkel. **Pyrit** (2), H 1, kl. **Calcit** (2), korrodiert. (A. Leiß, große schmale Klüfte.)

6. **Quarz** (1). **Anatas** (1), H 4, schwarz. **Albit** (1), sp., kl. (A. Leiß. Kluft 50 cm hoch, über 30 qm Fläche.)

7. **Quarz** (1), kl. **Granat** (1), rot, H 1, stark korrodiert. **Chorit**, hellgrün in **Quarz**. **Adular** (1), H 1, sp., kl. (A. Leiß in Kontaktscholle im Gneiß. Kluft 10—20 cm hoch.)

8. **Quarz** (1) mit **Chloriteinschluß**. **Epidot** (1), gelbgrün in Reihen. **Fluorit**, H 1, rosa, gr. **Sphen**, sp., schlecht ausgebildet. (Fundort mir nicht genau bekannt.)

Die Paragenese 1—6 gleicht der in den sog. Bündnerschiefern des Gott-hardmassivs bei Perdatsch, Val Nalps, die ihrerseits in den Kluftmineralien, den Serizitschiefern des Aaremassivs nahe steht. Hier wie dort ist **Quarzband** zu sehen. Das Vorkommen 4' ist ganz ähnlich dem von A. Lacroix<sup>2)</sup> beschriebenen aus **Glimmergneißen** vom **Glacier de la Meije** bei la Grave, dieselben Mineralien in fast gleicher Ausbildung. — Es entsprechen 1., 2. = II b, 3. des Hauptverzeichnisses; 3. = 3'. (ohne **Brookit**); 4. = 6'a., nur fehlen **Eisenspath** und **Rutil**; 4'. etwa 6'''; 5. ist in den Ostalpen häufiger; 6. = 4'''.

Der Grundzug der Paragenese ist wie beim **Glimmerschiefer** Vorwiegen von **Quarz**, das stärkere Auftreten von **Titanoxyd** (etwa 0,05—0,5 0/0 der **Quarzmenge**), von kleinerem **Adular** und **Albit** (1—10 0/0 des **Quarz**).

<sup>1)</sup> Diese **Turmalinnadeln**, die bis 1 mm dick, schlecht ausgebildet, im **Quarzband**, auch in **Quarzkristallen** in der Nähe des **Monazit** eingewachsen sind, färben häufig, ähnlich wie **Zirkon**, die anliegenden **Quarz**teile rauchbraun. Sie enthalten also nach den Versuchen von C. Doelter, R. Brauns u. a. zu urteilen, wohl etwas radioaktive Substanz.

<sup>2)</sup> A. Lacroix, C. R. 22. 1429. 1896.

Vorkommen 7. gehört, wie aus den kleineren Granaten im Gestein selbst zu ersehen, einer resorbierten Sedimentscholle im Glimmergneiß an. Ebenso entspricht 8. einer basischen Schliere, wahrscheinlich entstanden aus einer aufgeschmolzenen kieselsäureärmeren Sedimentscholle.

Die Klüfte stehen, da der Glimmergneiß über weite Strecken horizontal liegt, vertikal, streichen etwa N—S.

Der Glimmerschiefer von 4. ist ein Mylonit; der Phengit zu Ende der Deckenbildung entstanden, ist nur wenig gekrümmt und randlich etwas zerfetzt. Der Kalifeldspath ist Orthoklas, der ebenso wie Quarz und Oligoklas stellenweise gehäuft ist. Das Gestein ist durch die Gneißintrusion bei hoher Temperatur wohl aus Arkose umkristallisiert, viel später bei der Deckenbildung mylonisiert und dynametamorphosiert.

Der Glimmerschiefer von 6. führt überwiegend Phengit, daneben Mikroklin, Oligoklas, Quarz, Eisentitanoxyd. Im Glimmergneiß von 7. ist Epidot reichlich, daneben Orthoklas, Oligoklasalbit, Quarz. Granat ist seltener und umkristallisiert.

### Grünschiefer.

Diese Gesteine gehören zu den basischen Eruptiva und Aufschmelzungssedimenten.  
(Signatur auf der Hauptkarte grünschwarz schraffiert.)

1. Albit (1), H 6 und 7, gr. Adular (1), H 1. Meist Adular und Albit verwachsen, in der Weise, daß die Albitzwillinge, in dem Adular eingeklemmt sind und die Prismenflächen aller nahezu gleichzeitig einspiegeln. Die Verwachsung verdient ein genaueres Studium. Sphen (2), H 3, sp. Calcit (3), derb. Chlorit (4), grün. Amianth (2). Alp Rischuna, Buccarischuna; das von P. v. Groth, Zt. f. prakt. Geol. 1917, p. 174, erwähnte Vorkommen.

2. Albit (1), H 6 und 7, gr., mit  $(1\bar{3}0)$ , seltener mit  $(0\bar{2}1)$ , sehr selten  $(11\bar{1})$ ? Hornblende (1), dunkelgrün-schwarz (110) (110), in dünnem Quarzband spärlich, als Nadeln auf und in Albit, sowie dicke Büschel. (Marchegg.)

3. Epidot (1), schlecht ausgebildet  $(100)$   $(\bar{1}01)$   $(10\bar{2})$  (001). Adular (1), H 1. Sphen (2), gelbrote, ganz dünne Blätter. Eisenglanz (2), in schlecht begrenzten, sehr dünnen Blättern. Chlorit (3). Quarz (1—2), sp. (Peiler Tobel.)

3'. Epidot (1), schlecht ausgebildet. Sphen (2), H 1, gelbrot, sehr dünn, gestreckt und zerfasert nach b. Hornblendenadeln (1), dunkelgrün. Quarz (1). (Alp Moos.)

4. Quarz (1), in langen, z. T. damasierten Kristallen, durch Calcit abgeschnitten. Calcit (2), in schlecht begrenzten Basistafeln. Chlorit (3). Pyrit (2), sp. (Südlich Piz Aul.)

5. Epidot, schlecht ausgebildet. Nadeln zu derber Masse verwachsen, gelbbraun. (Peiler Bach.)

Alle Fundorte zeigen etwas Quarzband.

Ebenso wie geologisch-petrographisch (vgl. pag. 10) die Grünschiefer von Vals keine einheitliche Gruppe sind, sondern in Amphibolschiefer, Hornblendeschiefer, eigentliche Grünschiefer (metamorphe Gabbro) usw. zerfallen, sind in der Mineralparagenese die entsprechenden Gruppen zu unterscheiden. 4. gehört zur Paragenese der Amphibolite (III a. 12 d. Hptv.), 2, 3., 3', 5. zu der der Hornblendeschiefer, wobei 2. = III a. 13; 3. und 3' = III a. 12—1 im metamorphen Gabbro III b. 1 d. Hptv.

### Dolomit.

1. **Dolomit** (1), (10 $\bar{1}$ 1), z. T. klein. Calcit (2), H 3. Rutil (2), in Sagenitnetzen und als dickere Nadeln, H 1. (Piz Frunt, in kleinen drusenähnlichen Klüften.)

2. **Adular** (1), gr., H 1 und Vierlinge von H 1. Albit, gr., H 1 und 6. Dolomit, H 1. (Leiß, IV a. 5''' d. Hptv.)

3. **Quarz** (1), gr. kl. mit H 5, dazu (30 $\bar{3}$ 1); (51 $\bar{6}$ 1) [90 $\bar{9}$ 2], ohne (50 $\bar{5}$ 3). **Pyrit** (2), H 3, sehr groß bis 7 cm Durchmesser. (A. Monteraccio an der Greina in kleinen kurzen Klüften.)

Bei Fundort 2. und 3. sieht man Quarzband, bei 1. fehlt es, ebenso wie bei 1. in der Kluff Kieselsäuremineralien fehlen.

Diese Paragenese gleicht etwa der normalen des nördlichen Tessinermassivs des Simplon und der Tiroler Alpen. Eine Konzentration seltener Mineralien, wie bei Imfeld oder Campolungo fehlt. Die Abwesenheit von Korund in 2. zeigt, daß dort der Prozentgehalt an Kieselsäure höher war als in Campolungo, so daß Adular auskristallisierte.<sup>1)</sup> Die selteneren Bestandteile, die für die Bildung sulfidischer Erze bei Imfeld nötig waren, fehlen. Die Umkristallisation des Dolomits selbst ist auch nicht so weit gehend, wie an den zwei obgenannten Fundorten.

### Kalkglimmerschiefer.

1. **Quarz** (1), derb. **Calcit** (2), etwa H 8, aber schlecht ausgebildet und abgerundet, Margarit sp. — s. w. P. Alpettas.

Die Paragenese ist dieselbe wie im Gotthardmassiv (IV b. 1 d. Hptv.).

### Einlagerung im Kalkglimmerschiefer (Glimmergneiß bis Orthogneiß).

1. **Quarz** (2) und Rutil in Quarz. Eisenglanz (2), H 1 und H 2. Adular (1), H 1, kl. Pyrit (1), H 1. Anatas (3), H 2, sp. Chlorit (3), grün. — n. ö. P. Seranastga.

Diese Paragenese ist verwandt derjenigen von Glimmerschiefern des Binnentals und der Corneraschiefer des Gotthardmassivs (II b. 8 d. Hptv.)

<sup>1)</sup> Vgl. die Synthesen von E. Baur, Zt. f. Elektrochem. 72, p. 119, 1911 und P. Niggli und M. Schlaepfer, Zt. f. El. 87, p. 52. 1914.

## II. Fluoritvorkommen in der Schweiz (nördlich der Alpen).

E. Bächler<sup>1)</sup> erörtert in seinen Untersuchungen über Mineralien im Säntisgebirge und dem St. Gallischen Rheintal, wie Fluorit und Calcit, die sich dort in Höhlen finden, entstanden sind.

Pneumatolytische Vorgänge oder Lateralsekretion sind möglich. Bächler neigt jetzt zu der letzteren Annahme. 1914 habe ich vergleichende Beobachtungen angestellt, um weitere Gesichtspunkte zu gewinnen.

In Kalksedimenten außerhalb der Voralpen findet man Fluorit nur selten (vgl. die Zusammenstellung bei K. André<sup>2)</sup>). Die Steinbrüche von Muttenz bei Basel und Riedlingen bei Kandern sind die wichtigsten nächstliegenden Vorkommen. Dort ist aber die Menge dieses Minerals klein verglichen mit der in den Fundstellen am Säntis und in den Voralpen. (Diese Vorkommen liegen alle südlich einer Grenze, die etwa von St. Gallen nach Grindelwald geht.)

Der Flußspath im Säntisgebiet verteilt sich nach der Veröffentlichung von E. Bächler und nach den freundlichen Angaben von O. Köberle in St. Gallen auf Valangien, Neocom, Schrattenkalk, Gault. Im Seewerkalk ist noch kein Flußspath gefunden. A. Heim<sup>3)</sup> betonte die Häufigkeit der Flußspathvorkommen im Valangien, die nicht nur auf die guten Aufschlüsse in diesen Schichten zurückzuführen ist, da im Säntisgebiet die freie Oberfläche des Schrattenkalkes nicht minder groß ist.

Das Valangien ist die unterste Stufe der sichtbaren Kalksedimente im Säntis, der Seewerkalk die oberste. Die berühmte Fundstelle von der Olt-schenalp, ebenso wie die benachbarte alte „im Ruun“ bei Brienz, liegen nach E. v. Fellenberg<sup>4)</sup> im hellgrauen Malm des oberen Jura, die tiefste dort aufgeschlossene Kalkschichte. Also ist möglicherweise statt des Alters der Schicht oder ihrer Zusammensetzung die Lage im Verband maßgebend. Die größten und häufigsten Vorkommen sind jeweils in der tiefsten sichtbaren

<sup>1)</sup> E. Bächler, Jahrb. St. Gallen naturwiss. Gesellsch. 1904, p. 239 und 1913. 53, p. 72.

<sup>2)</sup> K. André, Tscherm. min. Mitt. 28, p. 535. 1909.

<sup>3)</sup> A. Heim, Das Säntisgebirge. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, N. F. Lief. 16. Bern 1905. — Verwandt sind die Vorkommen im Guttensteiner Kalk in Salzburg (vgl. C. Hintze, Handbuch, Bd. I, p. 2450.

<sup>4)</sup> E. v. Fellenberg, Mitt. nat. Ges. Bern 1890, p. 202 und E. v. Fellenberg und C. Schmidt, Beitr. 2. Geol. Karte der Schweiz. Lief. 21, p. 294. Bern 1893.

Schicht. An der Oltschenalp, wie im Säntis, stehen die Flußspath führenden Spalten, angenähert in Vertikalebene, in Schloten, auf deren Wänden die Mineralien aufgewachsen sind und deren Hohlraum teilweise von dunkeln Letten oder Lehm erfüllt ist.

Beachtenswert ist die Anhäufung von **Flussspath** an bestimmten Stellen des Säntisgebirges und dessen Fehlen an anderen Orten. So überwiegt z. B. in der schönsten Fundstelle des Säntis, der Höhle von Dürschrennen, der Flußspath weit gegen Kalkspath; er ist das erste, unterste Mineral. Man findet ferner fast nur Flußspath in der unmittelbar benachbarten Flußspathgrotte, westlich der Dürschrennenhöhle, die möglicherweise einer Verzweigung derselben Spalte zugehört. Zehn Meter unterhalb, in derselben Spalte, enthält aber eine Erweiterung, das Calcitloch, nur Calcitkristalle. Am Weg, der vom Escher nach dem Seealpsee führt, etwas unterhalb des Weges, der etwa 10 Minuten vom Escher in den Wald tritt, sieht man ganz kleine Spalten, die ausschließlich hellgrünen Flußspath führen. Würde das Gestein am Ort ohne Zufuhr fremder Stoffe ausgelaugt, so müßte auch Kalkspath reichlich in diesen Klüften vorkommen.

In den meisten größeren und kleineren Spalten, auch in einer an Lysen-grat schön sichtbaren kleinen Überschiebungsfläche, findet man dagegen nur reinen, weißen **Kalkspath** ebenso in der sehr großen Kristallhöhle bei Kobelwald im Rheintal. Solche nur Kalkspath führende größere und kleinere Höhlen sind in den Alpen zahlreich; aus der Zentralschweiz seien nur die Fundorte Kridenloch und Windloch bei Unterschächen, Schafalp im Ferdental, Alteikirche bei Andermatt erwähnt; aus der Umgebung des Säntis z. B. in der Molasse dicht bei St. Gallen, am Leimensteg bei Teufen, in den Teufelsmauern bei Waldstatt.

Da wo Kalkspath und Flußspath am selben Ort vorkommen, pflegen gleichwohl beide Mineralien gesondert zu sein. Im Montlingerberg stehen die Kalkspath führenden Adern steil; der Flußspath findet sich in besonderen kleineren Hohlräumen mit wenig, auf ihm aufgewachsenen Calcit. In Muttenz führen einige Drusen fast ausschließlich Flußspath, andere nur Kalkspath.

**Quarz** als Kluftmineral im Säntisgebirge ist selten, obgleich  $\text{SiO}_2$  in keinem Kalk fehlt. Nach der von E. Bächler gegebenen Analyse enthält das Valangien der Dürschrennenhöhle 1,66 %  $\text{SiO}_2$ . Gleichwohl kommt nur sehr kleiner Quarz in der Gesteinskruste an der Höhle umkristallisiert vor (E. Bächler, loc. cit. p. 286).

Bächler hat die Sukzession als Kriterium herangezogen, um zu entscheiden, ob einmalige Ausscheidung aus sich abkühlender Lösung oder wieder-

holte, wie z. B. bei Erzgängen, statt hatte. An der Dürschrennehöhle, wo Flußspath überwiegt, ist die Sukzession: 1. Flußspath, 2. Kalkspath. Wo etwas Quarz in der Kluft sich findet,<sup>1)</sup> ist die Sukzession häufiger, 1. Kalkspath, 2. Quarz, als umgekehrt. Wo, wie z. B. bei Montlingen, Calcit und Fluorit in gleicher Menge auftreten, ist Fluorit auf Calcit aufgewachsen. In den alpinen Mineralklüften dagegen, in denen Quarz weit überwiegt, Fluorit spärlich ist, folgen Calcit und Fluorit, beide etwa im gleichen Kristallisationsintervall, auf Quarz; also umgekehrt wie die Sukzession am Säntis.

Demnach ist offenbar das Concentrationsverhältnis für die Succession mit maßgebend. Man kann wohl einmaligem Absatz der Mineralien im Säntis, gleich wie in den alpinen Vorkommen folgern, aber noch keinen sicheren Schluß ziehen auf das Wirken derselben Ursache, wie in den Zentralalpen: auf laterale Sekretion mit Zufuhr lediglich von  $H_2O$ ,  $CO_2$ , etwas  $Cl$  und  $\bar{SO}_4$ .

Bächler diskutierte zwei Möglichkeiten der Entstehung des Fluorit und Calcit als Kluftmineralien: erstens, daß Fluorit bzw. Fluor durch pegmatisch-pneumatolytische Vorgänge, Dämpfe oder Lösungen, aus der Tiefe heraufgebracht wurde; zweitens, daß Fluorit ebenso wie Calcit aus den Sedimenten stamme, in deren Spalte und Höhlungen er gefunden wird, also durch Lateralsekretion entstehe.

Ich glaube, daß wahrscheinlich eine Kombination beider Anschauungen zutrifft. Wässerige und Kohlensäure führende Lösungen reicherten sich in größerer Tiefe der Kalksedimente, wo diese stärker erwärmt und zerrüttet waren, an Fluorcalcium an, stiegen auf den Vertikalspalten empor, füllten die größeren Hohlräume aus und setzten dort während der Abkühlung Fluorit ab. Wäre Lateralsekretion aus dem anstoßenden Gesteine die Ursache, so müßte das Gestein in der Umgebung der Fundstelle an Fluor wesentlich reicher sein als anderwärts. Durch die wertvollen Analysen, die E. Bächler, loc. cit. p. 275 und 276 angibt, ist aber festgestellt, daß das Gestein schon in geringem Abstand von der Höhle Fluor „kaum in Spuren“ führt, daß das Randgestein der Höhle dagegen 34% Fluorit enthält, während in der Höhle selbst zurzeit gewaltige Massen von reinem Fluorit abgesetzt lagen. Das weist auf Zuführung Fluorit reicher Lösungen von außerhalb. Das Fluor kam aber wahrscheinlich nicht aus großen Tiefen oder aus granitischem Magma unter den Sedimenten; denn sonst müßten, wie Bächler hervorhob, die zwei oder

<sup>1)</sup> Als Fundorte sind mir bekannt: Fuß der Südwand des Öhrlikopf gegen die Öhrigrub und am Weg von Weesenalp nach Geißplatte (dicht vor den Pygurus rostratus-Schichten, vgl. Geologische Karte von Alb. Heim), beide im Valangien, und ferner im Seewerkalk am Säntisgipfel.

drei Fluorit führenden Dislokationsklüfte, die nach den Überschiebungen entstanden sind, alle Decken durchsetzen, und das ist unwahrscheinlich. In den zentralalpinen Mineralklüften der Granite, Gneiße usw. findet man nur recht geringe Fluoritmengen, obgleich dort tiefgehende Spalten und größere Nachbarschaft junger granitischer Magmen viel eher anzunehmen wären. Demnach muß man wohl annehmen, daß nach den Überschiebungen Wasser in den erwärmten Sedimenten auf feinsten Rissen das Fluorcalcium auslaugte. Das geschah am stärksten in den tieferen Sedimentschichten.

F. Mühlberg fand in den oberen Lagen des unteren Hauptrogenstein des Schweizer Jura vereinzelt Korallenstücke mit Drusen von gelblichem Fluorit in ihrem Innern. Diese Schichten könnten also der primäre Träger des Fluorcalciums sein. Spalten oder Erzgänge aus der Nachbarschaft werden nicht erwähnt, das Vorhandensein von Fluor ist hier primär, ebenso wie in Muttenz und Riedlingen.

Damit ist aber nicht gesagt, daß der Fluorit des Säntis aus dem Hauptrogenstein stammt. Das Vorkommen von Montlingen im Schrattenkalk zeigt vielmehr, daß die Fluorithöhlen des Säntis aus dem Schrattenkalk ihr Material bezogen haben können.

Zwei Tatsachen bleiben noch zu erklären: Erstens die verhältnismäßig große Menge von Fluorit in der Kluft, verglichen mit der von Calcit, obwohl im Gestein sehr wenig Calciumfluorid vorkommt, und zweitens das gesonderte Vorkommen von Fluorit und von Calcit in verschiedenen Höhlen. Ersteres erklärt sich aus der zunehmenden Löslichkeit des Fluorcalcium mit steigender Temperatur, die aus den Versuchen von Wilson und von Sénarmont hervorgeht. Calciumkarbonat ist hingegen praktisch nur als Calciumbikarbonat löslich und die Menge des Calciumbikarbonats hängt von der Konzentration der Kohlensäure in der wässrigen Lösung ab. Diese letztere nimmt aber bei gleichbleibendem Partialdruck und konstanter Gewichtsmenge im Gesamtvolum (Volumen der gasförmigen und flüssigen Phase) mit steigender Temperatur sehr rasch ab. Wie z. B. aus Versuchen von W. J. Müller und dem Verfasser hervorgeht, ist bei  $320^{\circ}$  in einer Lösung von 30 ccm  $H_2O$  und 0,6 g  $CO_2$ , in etwa 120 ccm die in fluorfreier Lösung befindliche Menge von Calciumionen äußerst gering, unter 1 mg auf 60 g Lösung. Daher mußten in der Natur alle wärmeren Lösungen über ca.  $120^{\circ}$ , die aus der Tiefe kamen und Ca enthielten, reich an Fluor sein und konnten fast nur Calciumfluorid ausscheiden.

---

1) Gründe für Anreicherung des Fluorcalciums in den ehemaligen Korallenstöcken gibt Andrée (loc. cit.). Analoges Entstehen scheinen mir die Vorkommen von Pyrit in den Versteinerungen der norddeutschen Kreide und von Cölestin im Tertiär von Mokattam bei Kairo.

Wenn aber auf einer Spalte auch nur eine geringe Temperaturdifferenz zwischen oben und unten vorhanden ist, so wird jede Substanz, deren Löslichkeit mit der Temperatur, mehr oder weniger zunimmt, unten ausgelaugt und oben abgesetzt werden. Dabei kann Diffusion von Ionen oder von Molekülen statthaben. Solche Vorgänge hat G. Spezia verwandt, um aus Natriumborat und -karbonatlösungen, in denen sich Kieselsäure mit zunehmender Temperatur in größerer Menge löst, Quarz schön kristallisiert herzustellen. Die Temperaturdifferenz war bei diesen Versuchen etwa  $100^{\circ}$ . Je länger die Zeit, um so kleiner kann aber die Temperaturdifferenz sein. — Die Diffusionsvorgänge sind neuerdings eingehend von R. Liesegang auf ihre mineralogische Bedeutung hin studiert werden.

Die Kalkspathkristalle der großen nur Kalkspath führenden Höhlen müssen wohl später aus wässrigen und Kohlensäure haltigen Lösungen bei tieferen Temperaturen (unter  $60^{\circ}$ ) durch einen kontinuierlichen Vorgang der Umkristallisation oder Kornvergrößerung entstanden sein. Ein solcher kann im Laboratorium sehr leicht mit irgend einer löslichen Substanz, z. B. in Kupfersulfat, in geschlossener Röhre bei konstanter Temperatur nachgemacht werden.

Die Vorkommen bei Montlingen und Muttenz mit ihrer Trennung von Calcit und Fluorit sind wohl bei mittleren Temperaturen zwischen etwa  $50^{\circ}$  und  $120^{\circ}$  entstanden. Die Häufung von Fluorit an der einen, von Calcit an der anderen Stelle, in den geschlossenen Hohlräumen ohne Temperaturdifferenz erklärt sich einfach in derselben Weise wie in den größeren alpinen Mineralklüften die Concentration von Bleiglanz, von Fluorit usw. an einer Stelle der Kluft. Der Kristallisationsvorgang schreitet an der Stelle am raschesten vorwärts, wo sich ein Keim dafür befindet, wo sich z. B. zufällig im Gestein an der Kluftwand etwas von der seltenen Substanz vorfindet. An dieser Stelle scheidet sich allmählich die gelöste Substanzmenge aus, solange die Lösung mit sinkender Temperatur übersättigt bleibt. Auch dieser Vorgang ist aus der täglichen Erfahrung des Laboratoriums zur Genüge bekannt. In der Natur wirken überraschend die den größeren Mengen und Zeiten entsprechend vergrößerten Dimensionen der Kristalle.

# Karte der Mineralfundorte von Vals-Platz

(M. 1:50000)

(mit geognostischer Grundlage nach A.Heim und eigenen Beobachtungen).

Abh.d.math.phys. Kl.d.K.B.Ak.XXVIII. Bd.

**Gneissgranit**  
**Adulagneiss**

**Glimmergneiss**  
K - Reste von Kontakten an Schollen  
**Glimmerschiefer**

**Aufgeschmolzene Sedimente**  
mit 65-25 Proz.  $SiO_2$  und  
Basische Eruptiva mit 50-25  $SiO_2$   
**Sv**  
**Sx**-Ofenstein

**Trias:**  
**Do** Dolomit, Rauhwacke  
**M** Marmore und Dolomitmarmore  
**Posttrias:**  
**Sk** Kalkglimmerschiefer des Tessin  
**LC** Lias des Scopi mit Crinoiden  
**LB** " " " Belemniten

